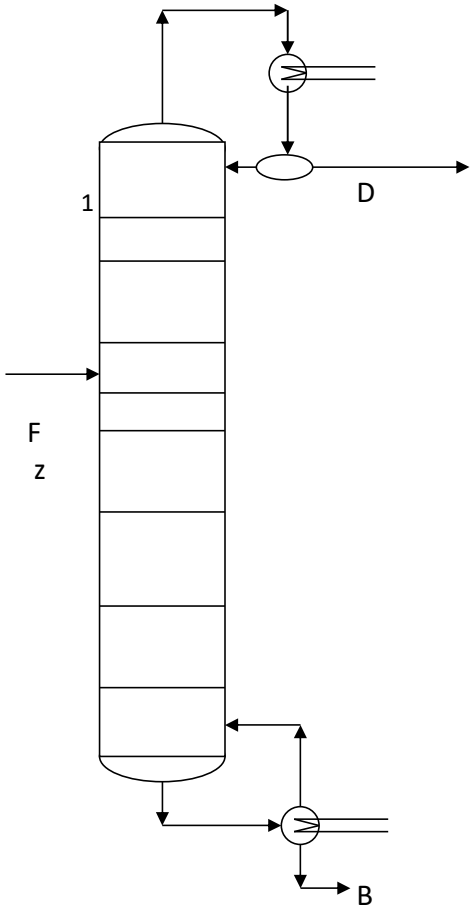
Destilación Multicomponente

INGENIERÍA DE LAS OPERACIONES FÍSICAS 2

Ejemplo - Destilación de una mezcla multicomponente



Caudal de alimentación = 100 kmol/h
Se debe separar por destilación una mezcla de 4 hidrocarburos, la composición de nC4 en el producto de fondo no debe ser mayor al 5%, y la pureza de nC5 en destilado no debe ser mayor al 3%, ambos en base molar.

Alimentación	zi	f_i (kmol/h)	PM	αij	Ki
Propano	0,20	20	44,10	8,34	7,718
n Butano	0,32	32	58,12	7,60	2,598
n Pentano	0,30	30	72,15	1,00	0,9255
n Hexano	0,18	18	86,18	0,37	0,3417

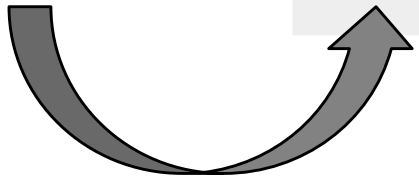
1. Caudal y composición de las corrientes de salida

En base a las especificaciones de pérdida, el componente Clave Liviano será nC4, que se recupera en la corriente D, y el componente Clave Pesado será nC5, que se pierde en la corriente de destilado D.
En este ejemplo no hay componentes distribuidos.
El propano, más liviano que el Clave Liviano, sólo se obtiene en la corriente D, y el nC6, más pesado que el Clave Pesado, sólo se obtiene en la corriente de fondo.
El cálculo de las composiciones de los componentes Clave Liviano y Clave Pesado en las corrientes de salida se hace en base a las especificaciones.

	fi	di	bi
Propano	20	20	
n Butano	32	32-b	b
n Pentano	30	a	30-a
n Hexano	18		18
	100	52-b+a	48+b-a

$$\frac{a}{52-b+a} = 0.03$$

$$\frac{b}{48+b-a} = 0.05$$



	di	bi
C3	20,000	-
nC4	29,554	2,446
nC5	1,533	28,467
nC6	-	18,000
	D = 51,087	B = 48,913

2. Condiciones operativas - Ejemplo

Ecuación de Rachford y Rice para calcular los puntos de rocío (v=1) y de burbuja (v=0):

$$f(v) = \sum_1^M y_i - \sum_1^M x_i = \sum_1^M \frac{z_i(K_i - 1)}{1 + v(K_i - 1)} = 0$$

Condiciones operativas, considerando refrigeración mediante aire ambiente, con T_{aire} = 34°C

	Acumulador	Tope	Fondo	Medio
P (kPa)	1003	1020	1055	1037,5
T (ºC)	54	68,3	136,8	102,5

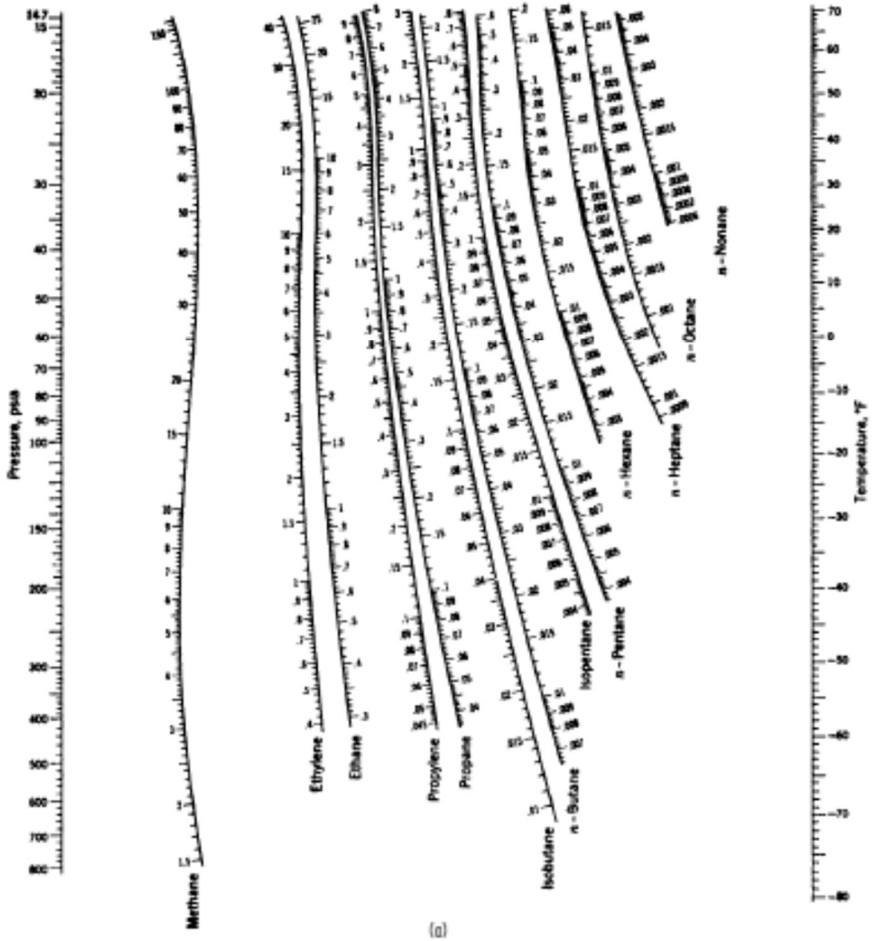


FIG. 13-9 The K values ($K = y/x$) in light-hydrocarbon systems. (*a*) Low-temperature range. (*b*) High-temperature range. [*DePriester, Chem. Eng. Prog. Symp., Ser. 7, 49, 1 (1953).*]

3. Número mínimo de platos - Ejemplo

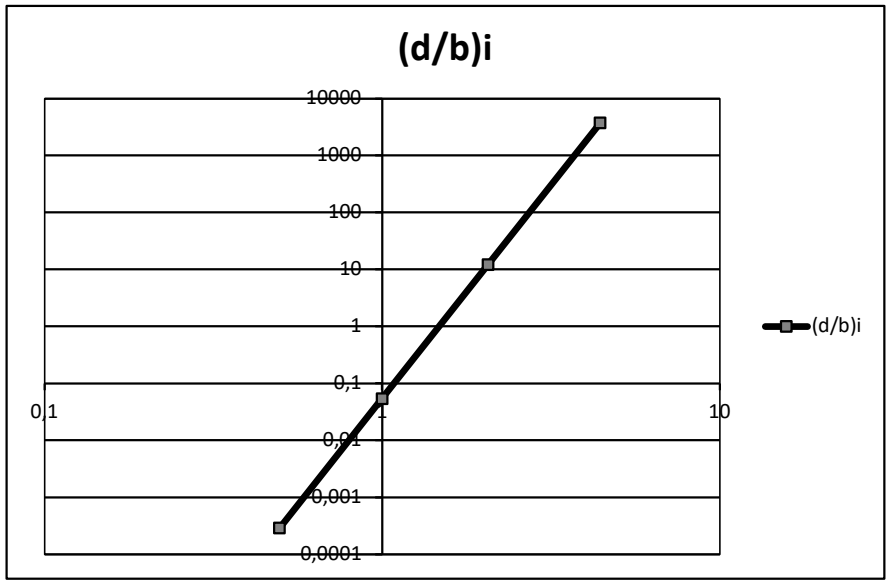
Cálculo de volatilidades relativas medias $\bar{\alpha}_{L,P}$

		αiP		
Componente	Tope	Medio	Fondo	Promedio
Propano	5,679	4,443	3,435	4,425
n Butano	2,327	2,062	1,820	2,059
n Pentano	1,000	1,000	1,000	1
n Hexano	0,443	0,496	0,559	0,497

$$N_{mín} = \frac{log\left(\frac{d_L}{d_P}\frac{b_P}{b_L}\right)}{log\left(\bar{\alpha}_{L,P}\right)} = \frac{log\left(\frac{29{,}554}{1{,}588}\frac{28{,}467}{2{,}446}\right)}{log(2{,}059)}$$

Resolviendo, resulta un número mínimo de 7,4458. Este valor no se redondea, ya que se verá afectado por el reflujo operativo y la eficiencia.

4. Distribución de los componentes no claves



	(d/b)i	di	bi
Propano	3.734,831	19,9946	0,0054
n Butano	12,084	29,5543	2,4456
n Pentano	0,054	1,5326	28,4674
n Hexano	0,000	0,0052	17,99485
		51,0867	48,9132

- Se deben verificar las especificaciones con estas nuevas composiciones.
- Si no se cumplen, se deben recalcular las composiciones de CL y CP contemplando las cantidades de livianos que se van por el fondo y de pesados que se van con el destilado.
- Si las composiciones y por ende las condiciones operativas cambian demasiado, se deberían volver a calcular la volatilidad relativa media y el número mínimo de platos.

5. Reflujo mínimo - Ejemplo

	z	αij	xi,D	Sumandos C1	Sumandos C2
Propano	0,2	4,425	0,3914	0,604	0,553
n Butano	0,32	2,059	0,5785	2,376	1,553
n Pentano	0,3	1,000	0,0300	-0,054	-0,103
n Hexano	0,18	0,497	0,0001	-4 e-5	-6 e-5
	1	-------	1	2,926	2,002

$1 < \theta < 2{,}059$

C1.- Considerando que la alimentación es vapor saturado, 1-q =1, θ = 1,5576, Rmin +1 = 2,926, Rmin = 1,926

C2.- Considerando que la alimentación es líquido saturado 1-q=0, θ = 1,2918, Rmin +1 = 2,002, Rmin = 1,002

Ubicación de la alimentación y número de platos - Ejemplo

6. Número teórico de platos: De acuerdo a la correlación de Gilliland, según el ajuste de McCormick, y considerando una relación de reflujo un 50% superior a la mínima el valor de Y (ordenada del gráfico de Gilliland) resulta

Condición térmica de la alimentación	Rmin	Rop	Y (Gilliland)	N=(Nmin+Y)/(1-Y)
Vapor Saturado	1,926	2,889	0,336	11,72
Líquido Saturado	1,003	1,503	0,353	12,06

7. Para la condición 2 (q=1), según Kirkbride el número de platos en cada zona será:

Nrect/Nagot = 1,207 que resulta en Nrect = 6,596 y Nagot = 5,464

8. Si se considera una eficiencia global de 70% (0,6944 según Lockett)

Nrect = 9,422 y Nagot = 7,806, Ntot = 17,228

Conclusión: La columna de destilación tendrá 18 platos, 10 en la zona de rectificación y 8 en la zona de agotamiento.

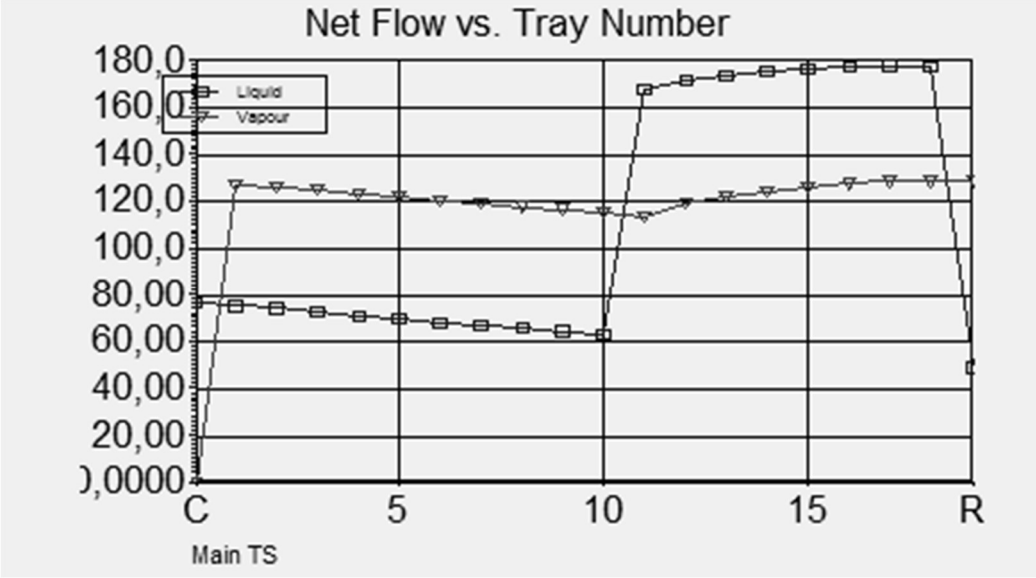
Resultados de la simulación en Unisim del ejemplo dado

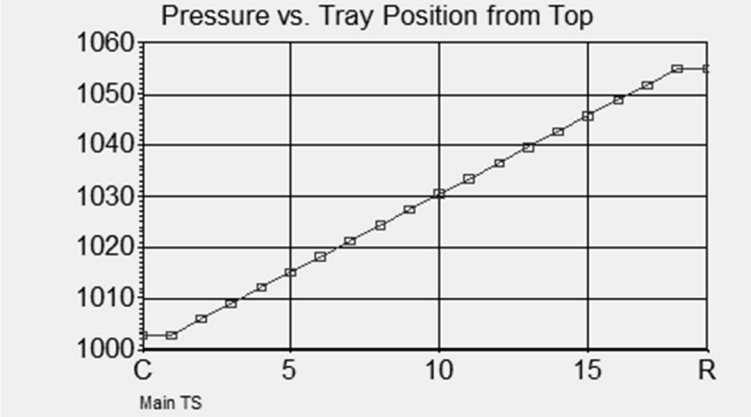
Condiciones operativas de la columna

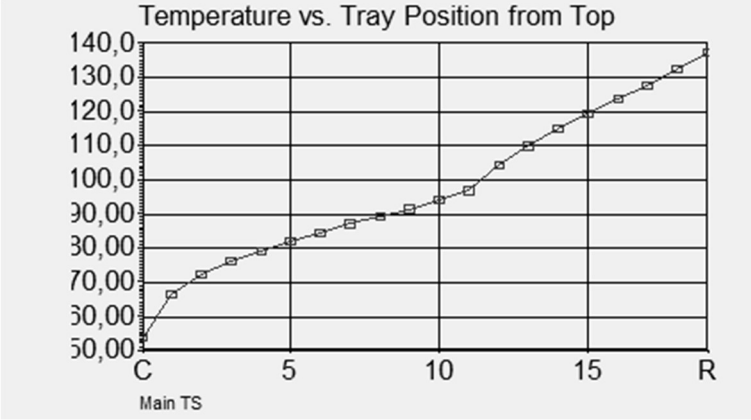
Presión: 1020 – 1055 kPa (valores establecidos a priori).

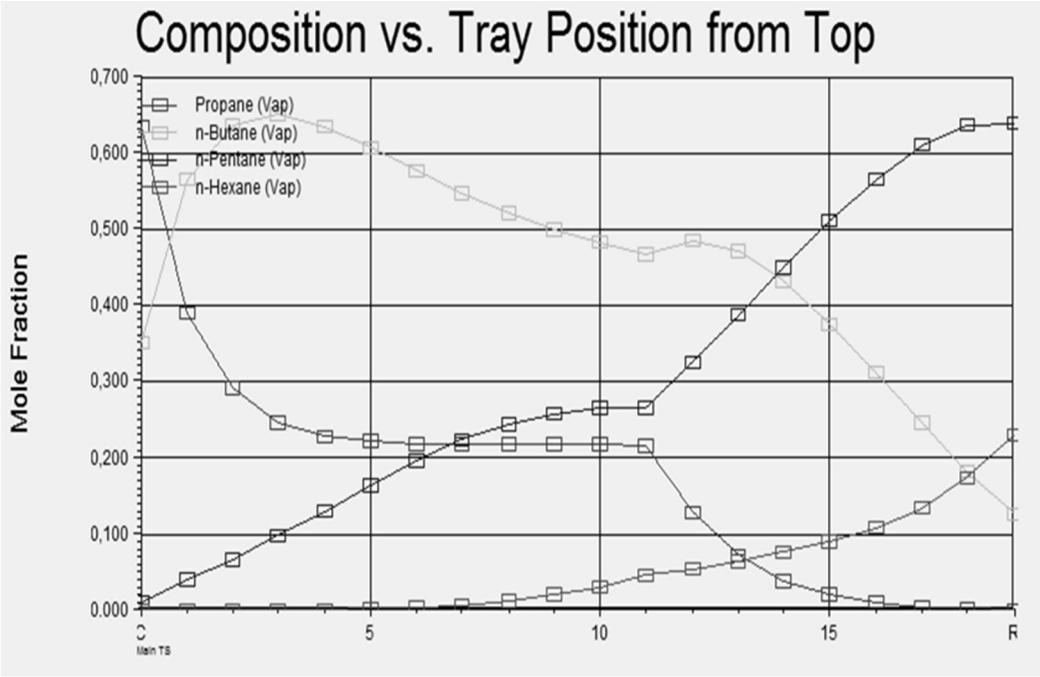
Temperatura: 54°C en condensador, 140 ° en reboiler (calculados).

Caudales molares totales de vapor (rojo) y líquido (azul).



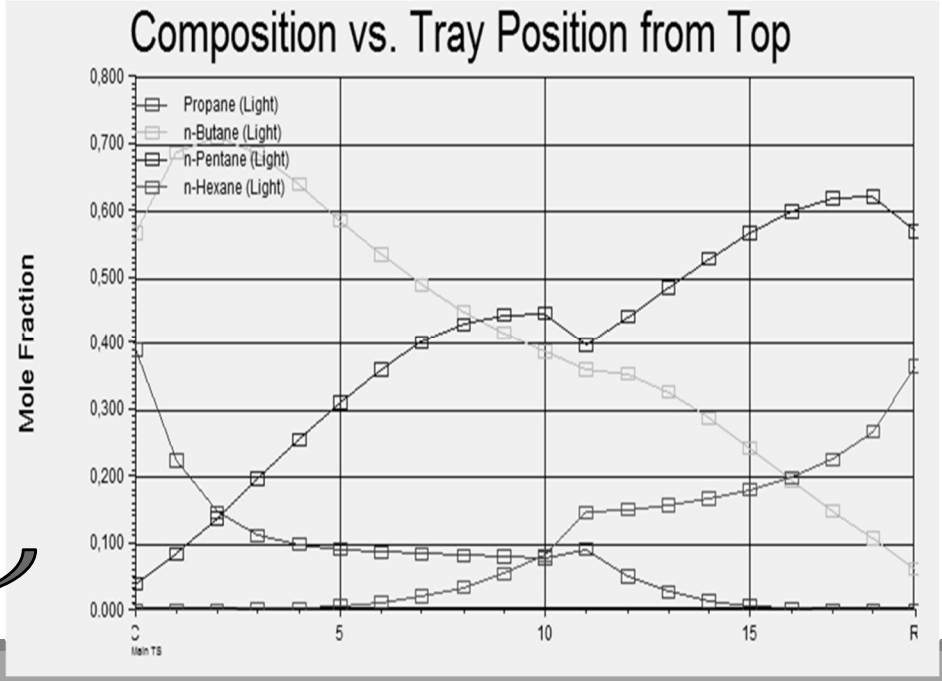






Composición de Vapor

Composición de Líquido



Constantes de equilibrio de los 4 compuestos